

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Kari Pehkonen

LASKUTELINEIDEN PERUSKORJAUSPROSESSIN MATERIAALINHALLINTA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

Yliopettaja Heikki Aalto
Finnair Oyj

Tampere 2006

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Pehkonen, Kari

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Heinäkuu 2006

Hakusanat

Laskutelineiden peruskorjausprosessin materiaalinhallinta

50 sivua + liitteet

Yliopettaja Heikki Aalto

Finnair Oyj, valvojana Arto Yli-Pentti ja Matti Niemenmaa

Laskutelineiden peruskorjaus, tarve-ennustaminen, sitoutunut
pääoma

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyön tarkoituksena on selvittää, mitä resursseja uuden laskutelinetyypin peruskorjausvalmius vaatii. Aihetta käsitellään materiaalinhallinnan kannalta. Tutkintotyön tärkeimpinä kohteina ovat tarvittavat varaosat ja niihin sitoutunut pääoma, työkalujen ja testilaitteiden kustannukset sekä varastojen hallinta.

Finnair on viime vuosina uudistanut laivastoaan voimakkaasti. McDonnell Douglasin MD-80 ja de Transport Regional ATR-72 -lentokoneet on korvattu Embraerin ERJ-170 ja Airbus Companyn A320 -sarjan koneilla. Nämä laivastouudistukset ovat pakottaneet Finnairin Tekniikan uudistamaan huoltovalmiuksiaan.

Finnairin laskutelinekorjaamo valmistautuu parhaillaan Airbus A320 -sarjan laskutelineiden peruskorjauksiin. Laskutelineiden peruskorjaus suoritetaan mahdollisten säröjen, korroosioaurioiden ja komponenttien kuluneisuuden havaitsemiseksi ja korjaamiseksi. Jotta peruskorjaus toimisi, se vaatii erinäisiä tukiprosesseja kuten materiaalinhallinnan.

Tutkintotyön yhteydessä laadittiin tarve-ennuste Airbus A320 -sarjan laskutelineiden varaosille peruskorjausta varten.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aeronautical Engineering

Pehkonen, Kari

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

July 2006

Keywords

Material Management of Landing Gear Repair Shop

50 pages + appendices

Heikki Aalto

Finnair Oyj, Supervisors Arto Yli-Pentti and Matti Niemenmaa

Landing gear overhaul, Forecasting, Capital invest

ABSTRACT

The objective of this bachelor thesis was to determine the role of material management in landing gear overhaul process. The main goal was to create forecasting model for landing gear spare parts. The forecasting was done by comparing two different forecasting methods, qualitative and quantitative. The secondary goal was to determine capital invest needed for spare parts and, tools and equipments.

Finnair has renewed its fleet. McDonnell Douglas MD-80 fleet and de Transport Regional ATR-72 aircrafts are replaced with Airbus Company's A320 -series aircrafts and Embraer ERJ-170 aircrafts. The renewal has forced Technical services of Finnair to build up maintenance capability for these new aircraft models.

Landing gear repair shop of Finnair is presently building up overhaul capability for Airbus Company's A320-series landing gears. Cracks, corrosion and, components wearing are the reasons why landing gear need to be overhauled.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Finnair Oyj:n toimeksiannosta keväällä 2006. Haluaisin kiittää Finnairin laskutelinekorjaamoa mahdollisuudesta saada tehdä tämä tutkintotyö ja erityisesti ohjaajiani Arto Yli-Penttiä ja Matti Niemenmaata asiantuntevasta avusta ja opastuksesta.

Lisäksi haluaisin kiittää työtä valvonutta yliopettajaa Heikki Aaltoa opastuksesta ja kannustuksesta.

Helsingissä 2. lokakuuta 2006

Kari Pehkonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Laskutelinekorjaamo	7
1.2 Tutkintotyön esittely	9
2 LASKUTELINEIDEN PERUSKORJAUSPROSESSI	10
2.1 Laskutelineiden huoltoperiaatteet	12
2.2 Laskutelineiden laitteet	15
2.3 Laskutelineiden varaosat	16
2.4 Työkalut ja testilaitteet	17
3 MATERIAALIHALLINTA	17
3.1 Lean-prosessiajattelumalli ja ERP-tietojärjestelmä materiaalihallinnan työkaluina	19
3.2 Varastonhallinta	22
3.3 Täydennysrutiinit	25
3.4 Toimitusketjut	27
3.5 Optimointi	30
4 TARVE-ENNUSTAMINEN	32
4.1 Tarve-ennustaminen kunnossapidon materiaalilogistiikassa	35
4.2 Tarve-ennustaminen ja sen työkalujen soveltuvuus laskutelinekorjaamon tarpeeseen	36
4.3 Case: A320-sarjan laskutelineiden varaosien tarve-ennustaminen	40
5 SITOUTUNUT PÄÄOMA	41
5.1 Työkalukustannukset	42
5.2 Vuosittainen pääomantarve, kun huolletaan 4-6 telinesettiä vuodessa	42
6 YHTEENVETO	46
LÄHDELUETTELO	48
LIITTEET	50

LYHENTEET

AD	Airworthiness directives (Lentokelpoisuusmääräys)
CMM	Components maintenance manual (Huolto-ohjekirja)
ERP	Enterprise resource planning (Toiminnanohjausjärjestelmä)
JIT	Just in time (Juuri oikeaan aikaan)
MLG	Main landing gear (Päälaskuteline)
MRP	Material requirements planning (Materiaalitarve suunnittelu)
MRP II	Manufacturing resources planning (Tuotannon suunnittelu)
NLG	Nose landing gear (Nokkalaskuteline)
NDT	Non-destructive test (Ainetta rikkomaton tarkastus)
SB	Service bullet (Huoltotiedote)
TBO	Time between overhauls (Peruskorjausten välinen jakso)

1 JOHDANTO

1.1 Laskutelinekorjaamo

Finnair Tekniikka on osa Finnair-konsernin lentotoimintapalveluiden toimialaa. Finnair Tekniikan tehtävä on huoltaa lentokoneita ja niiden osia lentoturvallisuuden ja viranomaisen edellyttämällä tavalla. Finnair Tekniikka tuottaa palveluita omalle laivastolle ja asiakasyhtiöille.

Finnair Tekniikka on ilmailuviranomaisten hyväksymä huolto- ja koulutus organisaatio. Finnair Tekniikka on sertifioitu Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa huolto-organisaatioksi. /13/.

Finnairin Tekniikassa on 1950-luvun lopun jälkeen suoritettu lentokoneiden laskutelineiden huoltotöitä. Alkuaikoina huolto keskittyi oman laivaston tarpeiden täyttämiseen. Finnairin laivasto muodostui tuohon aikaan pääosin Douglas Aircraft Companyn DC-3 -lentokoneista.

Nykyisin laskutelineiden huoltotyöt suoritetaan yksikössä, jota kutsutaan Laskutelinekorjaamoksi. Laskutelinekorjaamo sijaitsee tekniikan alueella samassa rakennuksessa moottorikorjaamon kanssa ja kuuluu hallinnollisesti moottoriosastoon. Laskutelineiden huoltotyöt ovat vuosien saatossa muuttuneet myös entistä enemmän asiakastyöpainotteisiksi.

Laskutelinekorjaamolla on huolto- ja peruskorjausluvat Avions de Transport Regional ATR-42/72:n sekä McDonnell Douglas MD-80 -sarjan koneiden laskutelineisiin.

Finnairin laivastossa on viime vuosien aikana tapahtunut uudistuksia. Vanhat McDonnell Douglas MD-80 -sarjan ja Avions de Transport Regional ATR-72:n matkustajakoneet tullaan korvaamaan lähivuosina Airbus Companyn A320 -sarjan lentokoneilla ja Embraer ERJ-170 -koneilla. Ensimmäiset Airbusin koneet

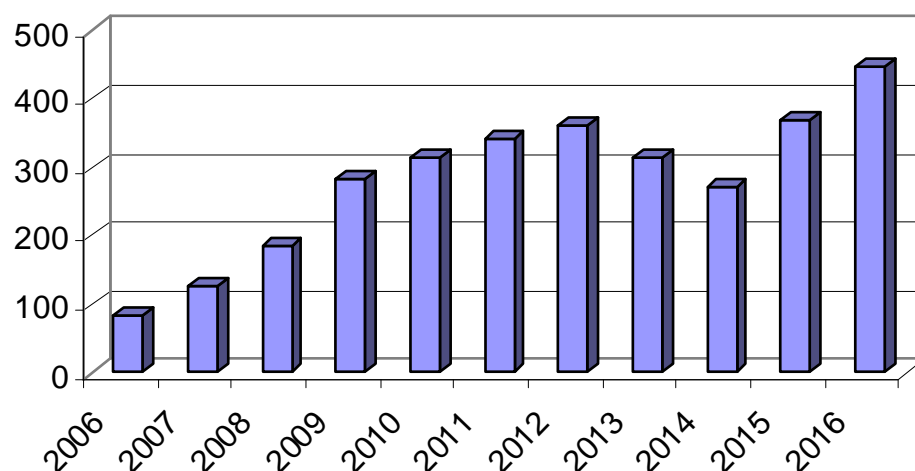
aloittivat liikennöinnin Finnairin väreissä vuonna 1999, ja Embraerin koneet aloittivat liikennöinnin vuonna 2005. Laivastouudistuksen jälkeen Finnairin laivasto koostuu pääosin Airbus Companyn lentokoneista.

Lentotoimintapalvelujen toimintaa tehostetaan soveltamalla Lean-prosessiajattelun periaatteita. Tämä koskee myös Finnairin tekniikkaa, joka karsii laivastostaan poistuneiden konetyyppien huoltovalmiutta ja pyrkii keskittymään harvempien konetyyppien syvempään huolto-osaamiseen. /14/.

Airbusin laskutelineiden osalta laskutelinekorjaamo on rakentamassa valmiutta huolto- ja peruskorjaustoimintaan. Koska laskutelineiden keskimääräinen peruskorjausväli on 10 vuotta, ovat ensimmäiset Finnairin omistuksessa olevat Airbusin laskutelineet tulossa peruskorjaukseen vuoden 2009 aikana.

Laskutelinekorjaamon ensisijaisena tarkoituksena on hoitaa Finnairin oman laivaston tarve, mutta myös asiakastöitä tullaan tekemään. Kuvassa 1. on Airbus A320 -sarjan laskutelineiden valmistajan Messier-Dowtyn ennuste tulevista peruskorjausmääristä tuleville vuosille.

A320-sarja



Kuva 1. Airbus A320-sarjan laskutelineiden ennustettu huoltotarve tulevalle 10:lle vuodelle /18/.

Kuvasta 1 nähdään, että Airbusin A320 -sarjan laskutelineiden huollolle on erinomaiset markkinat tulevaisuudessa. Tämä tukee Laskutelinekorjaamon päätöstä hankkia valmius huoltotyöhön.

1.2 Tutkintotyön esittely

Tutkintotyön tarkoitus on selvittää, millaisia resursseja uuden laskutelinetyypin huoltovalmius vaatii. Tutkintotyö rajoittuu käsittelemään aiheita materiaalihallinnan näkökulmasta. Tutkintotyön tärkeimpinä kohteina ovat varastoitavat nimikkeet ja näiden tarve-ennustaminen, varastotoimintojen kehittäminen ja toimintaan vuosittain sitoutuneen pääoman kartoittaminen.

Tavoitteena on, että työ antaisi laskutelinekorjaamolle uutta tietoa tarve-ennustamisesta. Tutkintotyö on tehty osana laajempaa huoltoselvitystä, jolla on kartoitettu laskutelinekorjaamon valmiutta uusien laskutelineiden huolto- ja peruskorjaustehtäviin. Huoltoselvityksen yhteydessä on jo tehty yksi diplomityö ja yksi insinöörityö (AMK). Molemmat tutkintotyöt ovat liittyneet laskutelineiden testauslaitteisiin ja menetelmien uudistamiseen.

Tutkintotyön kappaleessa 2 käsitellään peruskorjausprosessia ja siihen liittyviä asioita. Kolmannessa kappaleessa käydään läpi peruskorjausprosessin tuki-prosessia materiaalihallintaa. Tässä kappaleessa perehdytään muun muassa varastonimikkeiden hallintaan, varastojen täydennysmenetelmiin ja toimitusketjujen toimintaan. Kohdassa 3.5 optimoidaan materiaalihallinnan tehtävät laskutelinekorjaamon toimintaa parhaiten tukevaksi prosessiksi.

Kappaleessa 4 käsitellään tarve-ennustamista; mitä tarve-ennustaminen on ja millä menetelmillä se voidaan toteuttaa. Kohdassa 4.2 perehdytään kahteen Finnairin Tekniikassa käytössä olevaan tarve-ennustamismenetelmään ja selvitetään niiden soveltuvuus laskutelinekorjaamon käyttöön. Kohdassa 4.3 luodaan tarve-ennuste

Airbus A320-sarjan laskutelineiden varaosille. Tähän sovelletaan kohdassa 4.2 paremmaksi osoittautunutta menetelmää.

Viidennessä kappaleessa selvitetään pääoman sitoutumista peruskorjaustoiminnan ylläpitämiseksi varaosien, työkalujen ja testilaitteiden osalta.

Tämä tutkintotyö rajoittuu käsittelemään Airbus 320 -sarjan laskutelineitä ja sen varaosia. Tutkintotyössä tarkastellaan aiheita pääasiassa kunnossapidon kannalta.

2 LASKUTELINEIDEN PERUSKORJAUSPROSESSI

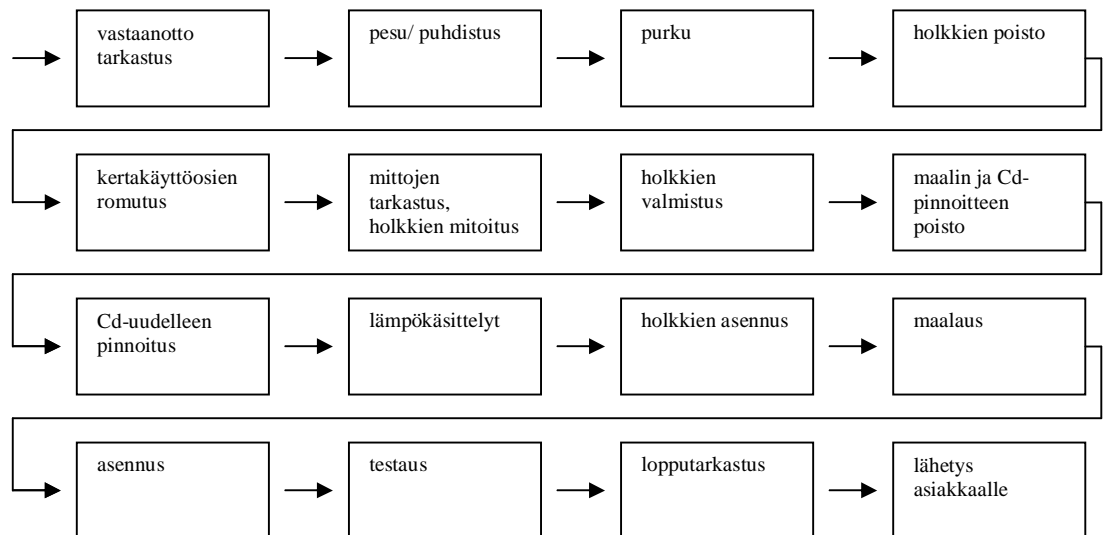
Laskutelineiden peruskorjausjakso on keskimäärin kymmenen vuotta. Peruskorjausjakso on laitevalmistajan määrittelemä jakso peruskorjausten väliseksi ajaksi (time between overhauls, TBO). Jakson pituus on määritetty joko käyttötuntien, rasiuskertojen tai kalenteriajan mukaan. Esimerkiksi Airbus A320 -sarjan laskutelineiden peruskorjausjakso on laskutelineen valmistajan huoltosuunnitelman mukaan joko 10 vuotta tai 20 000 rasiuskertaa.

Laskutelineiden peruskorjaus suoritetaan, jotta voidaan varmistua, ettei niihin ole päässyt muodostumaan säröjä, korroosiovaurioita ja ettei komponenttien kuluneisuus ole ylittänyt sallittuja raja-arvoja.

Laskutelineiden peruskorjausprosessi koostuu useista tarkastus- ja muutostöistä jotka valmistaja tai ilmailuviranomainen on määrännyt tehtäviksi. Valmistaja julkaisee tarvittavat muutostyöt huoltotiedotteina (Service bulletin, SB). Ilmailuviranomainen julkaisee vaatimansa muutostyöt ilmailumääräyksinä (airworthiness directives, AD). Asiakastöissä tehdään näiden lisäksi asiakkaan tilaamat muutokset laskutelineelle.

Vaikka jokaisella laskutelinemallilla on omat työohjeensa miten peruskorjaus suoritetaan, voidaan silti tietyt työvaiheet tunnistaa jokaisesta peruskorjauksesta.

Kuvassa 2 on esitetty Finnairin laskutelinekorjaamon tarjoaman peruskorjauksen työvaiheet, jotka esiintyvät lähes kaikissa laskutelineiden peruskorjausprosessissa.



Kuva 2. Prosessikuva laskutelineiden peruskorjauksesta.

Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että saapunut laskuteline vastaa lähettäjän antamia tietoja. Tarkastetaan sarjanumeroiden yhtäläisyys laitekorttien ja itse laitteiden kanssa. Vastaanottotarkastuksen jälkeen telineelle tehdään puhdistus ennen kuin se puretaan. Purkamisen yhteydessä laskutelineestä poistetaan myös siihen asennetut holkit. Yksi tärkeä työvaihe on laskutelineestä purettujen kertakäyttöisten komponenttien romutus. Seuraavaksi tarkastetaan liikkuvien komponenttien kuluneisuus mittauksin. Mitattuja suureita verrataan laitevalmistajan antamiin toleransseihin ja niiden perusteella päätetään, tarvitseeko kyseessä oleva komponentti vaihtaa vai ei. Laskutelineissä esiintyy myös usein korroosiota käytettyjen materiaalien takia, ja tämä myös kuluttaa komponentteja. Mittausten yhteydessä mitoitetaan myös uudet holkit. Holkit valmistetaan laskutelinekorjaamon kanssa samoissa tiloissa olevassa koneistamossa.

Maalatut ja kadmium-pinnoitetut komponentit menevät pintakäsittelyosastolle, jossa pinnoitteet poistetaan. Pinnoitteiden poistoon käytetään erilaisia kemiallisia menetelmiä. Kun pinnoitteet on poistettu, tehdään NDT-tarkastukset. Tarkastuksessa havaitut viat korjataan, sekä komponentin kuluneet kohdat

kasvatetaan standardin määrittämiin mittoihin. Seuraavaksi kadmium-pinnoitettavat osat pinnoitetaan uudelleen. Laskutelineissä on komponentteja, jotka vaativat lämpökäsittelyjä. Näiden komponenttien lämpökäsittelyt suoritetaan pinnoitus- ja koneistusvaiheiden yhteydessä. Laskutelinekorjaamolla on omat uunit lämpökäsittelyjä varten. Tämä työvaihe voi olla hyvinkin pitkä riippuen lämpökäsittelyohjelmasta. Lämpökäsittelyiden jälkeen laskutelineeseen asennetaan uudet holkit. Seuraavaksi laskuteline on valmis maalattavaksi. Maalin kuivuttua alkavat kokoonpanotehtävät, joissa laskuteline kootaan kuntoon. Kun kaikki komponentit on asennettu, suoritetaan laskutelineellä koekäyttöjä. Muun muassa iskunvaimentimen toimintaa testataan testipenkissä. Kun testit on läpäisty, laskutelineelle tehdään lopputarkastus, jonka yhteydessä päivitetään asennustiedot ja muut dokumentit ajan tasalle. Tämän jälkeen on jäljellä laskutelineen toimitus asiakkaalle takaisin.

Laskutelineiden peruskorjauskierto kestää Finnairin laskutelinekorjaamolla noin kuusi viikkoa. Peruskorjaukseen kuluu noin 500 työtuntia per teline; näistä noin puolet on asennus- ja purkutyötä.

2.1 Laskutelineiden huoltoperiaatteet

Lentokoneiden ja niissä käytettyjen komponenttien tekninen luotettavuus ja jatkuva lentokelpoisuus perustuvat ylläpidettyihin varmuusmarginaaleihin. Varmuusmarginaalien saavuttamiseksi on itse lentokoneelle ja siinä käytetyille komponenteille määritetty joko peruskorjausjakso, käyttöikä tai luotettava kunnonvalvontamenetelmä.

Peruskorjausjaksoa käytetään komponenteille, joiden huonontumisen esiintymistä ei voida havaita rutiinitarkastuksissa /9/.

Käyttöikämenetelmää käytetään komponenteille, jotka ovat turvallisuuden kannalta kriittisiä tai jos komponentinrakenteen väsymisen tiedetään olevan rajoittava tekijä /9/.

Kunnonvalvontamenetelmää sovelletaan komponenteille, joiden lentokelpoisuus voidaan selvittää joko visuaalisella tarkastuksella, mittauksilla, toimintakokeella tai muulla menetelmällä, joka ei vaadi komponentin purkamista. /12/.

Tekniikan kehitys ja lentokoneiden suunnittelunkehittyminen ovat muuttaneet lentokoneiden huoltoa viime vuosina. Kehitys valmistustekniikassa ja käytettävissä materiaaleissa ovat vähentäneet lentokoneiden ja niiden komponenttien purkamisen tarvetta luotettavuuden varmistamiseksi. Kilpailukyvyyn ja kustannustehokkuuden parantamiseksi ovat lentokoneiden ja niihin tulevien komponenttien valmistajat siirtyneet huoltoperiaatteissaan enemmän kunnonvalvontamenetelmään. /9/.

Seuraavaksi käsitellään kahta tärkeää huoltoperiaatetta, Hard-time-järjestelmää ja On-condition-järjestelmää.

Hard-time

Hard-time-järjestelmä kehitettiin ensimmäisen sukupolven huolto-ohjelman yhteydessä. Huolto-ohjelma perustui ajatukseen, että lentokoneen jokainen toiminnallinen osa tulee purkaa ja tarkastaa tietyn jakson välein. Huollolle, testaukselle ja tarkastukselle määritettiin komponenttikohtaiset aikarajat. Myös koko lentokone tuli tietyn aikajakson välein purkaa ja peruskorjata. /12/.

Hard-time-järjestelmässä komponentille annettu kiinteä käyttöjakso määritetään joko kalenteriaikana, rasisuskertoina tai käyntiaikana. /9/. Esimerkiksi Airbus 320 -sarjan päälaskutelineen iskunvaimentimen paine tarkastetaan 18 kuukauden välein ja iskunvaimentimen nestepinnan taso tarkastetaan 9000 rasisuskerran jälkeen. Rasisuskertojen laskeminen vaihtelee komponenttikohtaisesti. Laskutelineiden osalta yksi rasisuskerta on aina yksi laskeutuminen, ja moottoreilla yksi rasisuskerta on kun moottori kiihdytetään tyhjäkäynniltä lento-olotiloihin. Käyntiaikaan

perustuvasta jaksosta esimerkkinä on päätelineen alalukitusmekanismin tarkastaminen 9000 lentotunnin välein. Komponenteille annetaan yleensä käyttöjakso useammalla eri määrittelyllä. Esimerkiksi Airbus 320 -sarjan päätelineen peruskorjaus suoritetaan joko kymmenen vuoden tai 20 000 rasisuskerran jälkeen. Peruskorjauksen määrittävänä tekijänä on jakso, joka tulee ensin täyteen: pienellä käyttöasteella kalenteriaika on määräävä tekijä ja suurella käyttöasteella rasisuskerrat.

Jaksojen pituuden määrittelyn tekee komponentin valmistaja, mutta ilmailuviranomaiset voivat antaa ilmailumääräyksellä muutoksia jaksoihin. Alkuperäinen valmistajan antama määrittely jaksonpituudesta, kuin myös ilmailuviranomaisen antama muutos, perustuu kerättyyn tietoon komponentin kestävydestä. Jakson täytyttyä komponentti puretaan osiin ja palautetaan uutta vastaavaan kuntoon tai sitten se poistetaan käytöstä ja romutetaan. Peruskorjauksen jälkeen jakso alkaa alusta. Jaksoja ei valvo ilmailuviranomainen, vaan operoiva yhtiö. /9/. Hard-time-järjestelmä ei ota huomioon olosuhteiden vaikutusta komponentteihin. Esimerkiksi korrosoivat olosuhteet ovat meren läheisyydessä toimivilla lentokentillä erilaiset kuin sisämaan lentokentillä.

On-condition

On-condition-järjestelmä perustuu komponenttien kunnonvalvontaan. Kunnonvalvonta toteutetaan joko jatkuvana tai määritetyin jaksoin. Jatkuva kunnonvalvonta on toteutettu usein automatisoiduilla menetelmillä. /9/. Esimerkiksi suodattimen toiminnan valvonta voidaan toteuttaa painemittarilla, joka reagoi paineen muutokseen sytyttämällä merkkivalon instrumenttipaneeliin. Jaksoittainen tarkastus voidaan suorittaa esimerkiksi välilaskutarkastuksen yhteydessä.

Komponentin kuntoa verrataan sopivaan standardiin, joka määrittelee, tarvitseeko kyseistä komponenttia vaihtaa. Komponentti vaihdetaan vasta kun se alittaa standardilla määritetyn raja-arvon. Vertailuarvona voi olla esimerkiksi paineelle määritetyt ylä- ja alarajat tai saranatapin kuluneisuus. Standardin asettaminen

perustuu kerättyyn tietoon samasta komponentista, sen pettämiseen, vaihdon yhteydessä kerättyyn tietoon tai onnettomuuksista saatuun tietoon.

On-condition-järjestelmä käsittää lentäjän mittarivalvonnan, toimintakokeet, jaksotetut huollot ja perusteellisen komponentin tarkastamisen. /9/.

Perusajatus On-condition-järjestelmässä on vaihtaa komponentti ennen sen pettämistä /9/. Järjestelmän etuna on, ettei komponentteja vaihdeta turhaan, vaan vaihto tapahtuu ainoastaan komponentin kunnon mukaan.

2.2 Laskutelineiden laitteet

Matkustajalentokoneissa käytetyille järjestelmille on aina rakennettu varajärjestelmä. Varajärjestelmä huolehtii lentoturvallisuuden kannalta kriittisistä toiminnoista, jos ensisijainen järjestelmä vikaantuu. Laskutelineiden osalta näin ei kuitenkaan ole. Tämä asettaa laskutelineiden suunnittelulle eri lähtökohdat kuin monille muille lentokoneen järjestelmille.

Laskutelineiden kestämisen kannalta kriittisten rakenteiden ja komponenttien suunnittelussa sovelletaan Safe-life-menetelmää. Rakenteet, joiden pettäminen aiheuttaa suoraan lentokoneen tuhoutumisen, luokitellaan kriittisiksi rakenteiksi.

Safe-life-suunnittelumenetelmä ei salli komponenteiltaan säröytymistä niiden käyttöiän aikana. /5, s. 542/. Tämän takia komponenttien käyttöikää rajoitetaan määrittelemällä komponentille life-limit-jakso. Jakso määritetään joko kalenteriajan, lentotuntien tai raskauskertojen mukaan. Kyseinen komponentti tulee poistaa lentokoneesta ennen life-limit-jakson täyttymistä.

Life-limit-jakson kesto määritetään koko rakenteelle tehtävien täysimittaisten raskauskokeiden, komponenttikohtaisten kokeiden tai hyväksytyjen testitulosten pohjalta tehtävien analyysien perusteella. /11/.

Päätöksen siitä, mitkä komponentit kuuluvat life-limit-järjestelmään, tekee komponentin valmistaja tai ilmailuviranomainen /12/. Lentokoneessa olevat life-limit-komponentit on julkaistu ilmailuviranomaisten hyväksymissä dokumenteissa. Hyväksytyjä dokumentteja ovat esimerkiksi tyyppitodistus (type certificate data sheets), hyväksytty lentokäsikirja (approved airplane flight manual), hyväksytty lentokoneen huolto-ohjekirjan lentokelpoisuusrajoitukset -osio (approved airworthiness limitations section of the aircraft maintenance manual) ja lentokelpoisuusmääräykset (airworthiness directives). /9/.

Jatkuvan lentokelpoisuuden ylläpitäminen edellyttää määritettyjen life-limit-jaksojen noudattamista. Tämän takia jaksojen kehittymisen seuranta on myös tärkeää. Lentokoneen huollosta vastaavan organisaation tulee olla tietoinen lentokoneessa käytettyjen life-limit-komponenttien tilasta ja suunnitella lentokoneen huollot sen mukaan. /9/.

Aikavalvonta

Aikavalvonta on toteutettu automaattisesti tietokonepohjaisella ohjelmalla. Järjestelmään syötetään valvottavan komponentin tiedot sekä tiedot siitä, mihin kokoonpanoon se on liitetty. Työnsuunnittelija käyttää järjestelmää suunnitellessaan laskutelineille huoltoja.

2.3 Laskutelineiden varaosat

Tässä yhteydessä varaosilla tarkoitetaan niitä komponentteja, joita tarvitaan laskutelineiden huollossa ja peruskorjauksessa. Laskutelineiden varaosat koostuvat standardiosista ja laskutelinevalmistajan omista osista. Laskutelineiden valmistajat julkaisevat Components maintenance manualin (CMM), jossa kyseiset varaosat on esitelty. Manuaalissa on myös ohjeet niiden tarkastus-, asennus- ja purkutöihin.

Lentokoneissa käytetyillä varaosilla pitää olla jäljitettävyyttä. Tämä tarkoittaa, että osan toimittajan, valmistajan ja tuote-erän tulee olla selvitettävissä. Jäljitettävyyttä koskee myös standardiosia. /10/.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä on selvitetty Airbus A320 -sarjan laskutelineiden, niin nokkatelineiden kuin päätelineiden, varaosia. Työn liitteeksi on kerätty tarvittavista varaosista listat.

2.4 Työkalut ja testilaitteet

Laskutelineille on ominaista, että jokaisella valmistajalla on omat työkalut ja testilaitteet. Näiden hankinta tulee tarpeelliseksi, jos aikoo suorittaa kyseisen laskutelineen huolto- ja peruskorjaustöitä. Työkalut ja testilaitteet on julkaistu laskutelineen valmistajan Components maintenance manualissa.

Euroopan unionin yhteinen ilmailuviranomainen EASA on ilmailumääräyksellä määrännyt huolto-organisaatioita käyttämään valmistajan edellyttämiä työkaluja ja testilaitteita. Toimintakunnon ja tarkkuuden ylläpitämiseksi EASA edellyttää myös, että huolto-organisaatio valvoo ja kalibroii näitä laitteita. /10/.

Tässä työssä on tarkasteltu Airbus A320 -sarjan laskutelineiden työkaluja ja testilaitteita. Valmistajan määrittämistä työkaluista ja testilaitteista katsottiin, mitä tarvitsee tilata ja mitä on mahdollista valmistaa itse. Tarvittavat työkalut ja testilaitteet ovat liitteessä 2.

3 MATERIAALIHALLINTA

Usein kunnossapitoprosesseja, kuten laskutelineiden peruskorjausprosessia, tarkastellaan kunnossapitotyön näkökulmasta. Tällöin korostetaan esimerkiksi asennus-, mittaus-, huolto- ja korjaustöitä sekä näiden eri työvaiheita. Jotta

kunnossapito toimisi, työsuoriteprosessin lisäksi vaaditaan materiaalilogistiikkaprosessin hallintaa. /21/. Tätä tukiprosessia ja sen johtamista käsitellään materiaalihallinnassa.

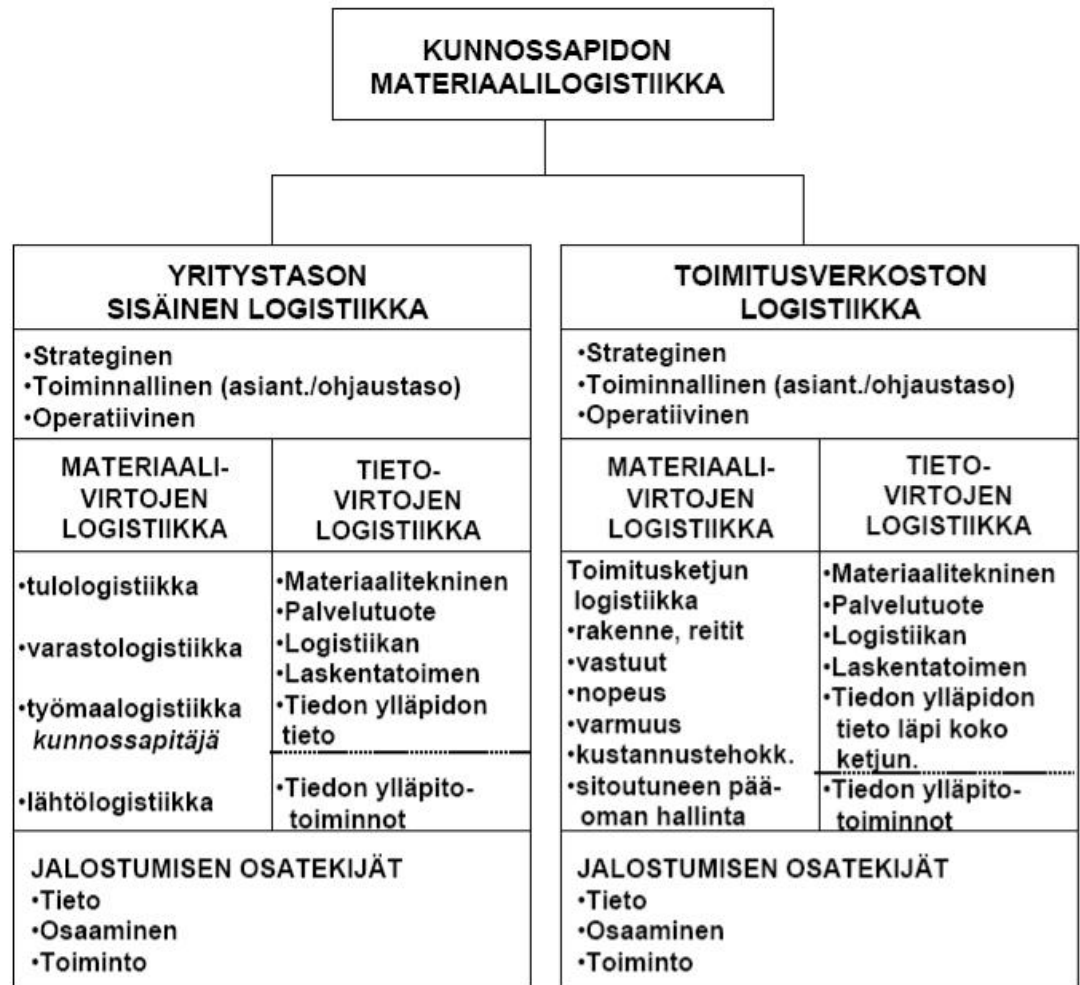
Materiaalilogistiikka on kunnossapidon yhteydessä käytetty termi, joka käsittää sekä materiaalien ja tiedon logistiikan. Materiaali tässä yhteydessä pitää sisällään kaiken sen materiaalin, mitä kunnossapidossa tarvitaan: komponentit, varaosat, tarvikkeet, aineet ja materiaalit. /21/. Itse logistiikka on erittäin laaja ja monella eri tavalla käsiteltävä termi. Tämän takia alan asiantuntijoiden mukaan logistiikka terminä on vanhentunut, ja sen tilalla on alettu käyttää toimitusketjun hallintaa /9, s. 16/.

Perinteisesti logistiikka on totuttu jakamaan kolmeen päävirtaan: materiaali-, informaatio- ja pääomavirtaan /2, s. 14/.

Näistä informaatio- ja pääomavirta yhdistetään usein samaksi virraksi (informaatiovirraksi), koska yritysten pääomavirrat liikkuvat pääasiassa elektronisessa muodossa /3, s. 241/. Tämä yhdistelmävirta sisältää kaikki tavaran tilaamiseen ja maksamiseen liittyvät asiat. Sen katsotaan valvovan koko toimitusta, tilauksen tekemisestä aina tilauksen päättämiseen eli maksuun saakka. /2, s. 14/.

Fyysinen materiaalivirta on puolestaan itse tilauksen toteutus. Fyysinen materiaalivirta sisältää sekä aineellista materiaalia, että aineetonta materiaalia. Aineettomalla materiaalilla tarkoitetaan muun muassa palveluiden tuottamista. /2, s. 15/.

Materiaalilogistiikassa lähestymistapa on hieman erilainen. Materiaalilogistiikka jaetaan sisältönsä perusteella kahteen eri tasoon, yritystason sisäiseen logistiikkaan ja toimitusverkoston logistiikkaan. Yritystason logistiikka vastaa yrityksen sisäisestä materiaali- ja informaatiovirrasta, kun taas toimitusverkoston logistiikka ulottuu yli yritysrajan. Nämä tasot ja niiden tehtävät ovat esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kunnossapidon materiaalogistiikan päähaarat ja niiden tehtävät /21/.

3.1 Lean-prosessiajattelumalli ja ERP-tietojärjestelmä materiaalihallinnan työkaluina

Materiaalihallinnan johtamisperiaatteet pohjautuvat yrityksen toimintastrategiaan ja koko yrityksen toiminnan johtamisperiaatteisiin /3, s. 22/. Tavoite on tuottaa asiakkaalle lisäarvo mahdollisimman pienin kustannuksin /2, s. 221/. Finnairin lentotoimintapalveluiden toiminnan kehittämiseksi on otettu käyttöön Lean-prosessiajattelumalli /14/. Tämän lisäksi Finnairin Tekniikassa ollaan siirtymässä ERP -tietojärjestelmän piiriin.

Näitä kahta menetelmää on pidetty toisensa pois sulkevana, koska niiden lähtöajatuksot tuotannosta ovat erilaiset. Lean perustuu niin sanottuun imumenetelmään ja ERP puolestaan työntömenetelmään. /1, s. 460-461/.

Lean-prosessiajattelumalli

Lean-ajattelumalli keskittyy yrityksen toimintastrategian, prosessien, teknologian, laadun, kapasiteetin, suunnitelmien, toimitusketjujen, varastojen, ja resurssien ohjaamiseen sekä jatkuvaan kehittämiseen /4, s. 799/. Tämä johtamismalli on Japanilaisen Toyota Automobile Companyn esittelemä menetelmä, joka perustuu tuhlauksen eliminointiin. Tuhlauksella tarkoitetaan ajan, pääoman ja resurssien käyttöä, joka ei tuota lisäarvoa. Tuotannossa ajanhukkaa tapahtuu, kun joudutaan korjaamaan viallisia tuotteita. Pääoman tuhlausta esiintyy usein liian suurina pidetyissä varastoissa. Resurssien tuhlaamisella tarkoitetaan sitä, jos henkilöstöä tai tiloja ei hyödynnetä koko niiden kapasiteetin mukaan; esimerkiksi työvaiheelle on määrätty liikaa työntekijöitä tai tuotantotilasta vain osa on hyötykäytössä /1, s. 458/.

Materiaalihallinnassa Lean-prosessiajattelumallin yksi tärkeimmistä ilmenemis-muodoista on JIT-menetelmä. JIT tulee englanninkielen sanoista just in time. Termin suora suomennus on juuri oikeaan aikaan, mutta Suomessa käytetään myös juuri oikeaan tarpeeseen käännoä. JIT-menetelmä on yksinkertainen, mutta tehokas estämään tuhlausta. Se keskittyy poistamaan prosessit, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaille, ja puuttuu liian suuriin varastoihin. /4, s. 799/.

Lean-prosessiajattelumalli näkyy myös ostotoiminnassa, koska JIT-menetelmä toimii niin sanotulla imumenetelmällä, jossa koko tuotantotoiminta alkaa asiakkaan kysynnästä. /3, s. 43/. Ostotoiminnan suunnittelussa on otettava seuraavat elementit huomioon: toimittajien määrä pidettävä pienenä ja sopimukset pitkinä, tarkat toimitusajat, laatutasojen vastaavuus ja vastuiden tiedostaminen yritysten välillä on pidettävä kunnossa.

Kun saadaan toimittajien määrää supistettua, saavutetaan säästöjä tilauskustannuksissa. Pitkillä toimittajasopimuksilla luodaan luottamusta ja yhteistyötä osapuolten välille. Koska JIT on juuri oikeaan aikaan toimimista, edellyttää se myös tavarantoimittajilta tarkkaa tietoa toimitusajoista. Toimittaessa JIT-menetelmällä tulee yrityksen myös tiedostaa siihen liittyvät riskit: mitä tapahtuu jos tavaraa ei syystä tai toisesta saadakaan? /1, s. 507/.

ERP -tietojärjestelmä (Eng. enterprise resource planning)

Suomenkielessä ERP-tietojärjestelmästä voidaan käyttää esimerkiksi nimeä toiminnanohjausjärjestelmä. ERP-järjestelmä on kehitetty MRP (material requirements planning) ja MRP II (manufacturing resources planning) pohjalta. ERP aivan kuten Lean vaikuttaa koko yrityksen toimintaan. Materiaalihallinnan kannalta ERP:n tärkein osuus on nimenomaan MRP. Suurin eroavaisuus näillä on tuotannon ohjauksessa. Siinä missä Lean toimii imumenetelmällä, niin ERP toimii työntömenetelmällä. Työntömenetelmälle ominaista on, että tuotanto perustuu kysynnän ennusteisiin ja tietyn varastotason sekä palvelutason ylläpitämiseen.

Taulukkoon 1 on kerätty näiden menetelmien eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä.

Taulukko 1. ERP:n ja Leanin vertailu.

ERP			Lean
Kuvaus	Toiminnanohjausjärjestelmä, joka yhdistää tuotannon, talouden ja jakelun toiminnot ja optimoi yrityksen resurssit.	↔	Filosofia, joka keskittyy työprosessin suorittamiseen mahdollisimman pienin resurssein
Tavoite	Minimoida varastot	↔	Poistaa tuhlaus
Varaston ohjaus	Ennustaminen	↔	JIT
Menetelmä	Tietokonepohjainen sovellus	↔	Filosofia
Tuotanto menetelmä	Työntömenetelmä	↔	Imumenetelmä

Lean-prosessiajattelumallia ja ERP-tietojärjestelmää voidaan niiden eroista huolimatta käyttää samassa yrityksessä. Esimerkiksi ERP:n avulla luodaan yrityksen pitkän aikavälin myyntiennuste. Tämän myyntiennusteen perusteella lasketaan tuotannon materiaalintarve. Materiaalintarve-ennuste pilkotaan pienempiin aikajaksoihin, jolloin materiaalin varsinaisessa tilauksessa voidaan hyödyntää JIT-menetelmää. Näin päädytään yhdistelmämenetelmään, jossa ERP luo suunnitelmat ja Lean-malli ohjaa itse toteutusvaihetta. /1, s. 461/.

3.2 Varastonhallinta

Varastolla on kaksi merkitystä suomen kielessä: kaupallinen ja teknillinen. Kaupallinen merkitys viittaa yrityksen vaihto-omaisuuden materiaaliosuuteen, joka ei ole jalostuksessa. Teknisessä merkityksessä varasto on fyysinen tila, jossa vaihto-omaisuutta säilytetään. /2, s. 143/. Tässä tullaan käsittelemään varastoja kaupallisen merkityksen kannalta.

Varastoon sitoutuu yrityksen pääomaa. Tämän takia kaikilla varastoihin liittyvillä toiminnoilla on yhteiset tavoitteet: yrityksen kannattavuuden parantaminen, varastotasojen säätely yrityksen toiminnan tukemiseksi ja logistiikkakustannusten minimointi. /2, s. 224/.

Varastolla on monta tarkoitusta: kysyntään vastaaminen, menekin vaihtelujen tasoittaminen, suojautuminen odottamatonta menekkiä ja tuotannon tai toimitusketjun häiriötilanteita vastaan /16/.

Yrityksen varastot voidaan jaotella kahteen eri tyyppiin. Nämä ovat käyttö- ja varmuusvarasto /3, s. 27/.

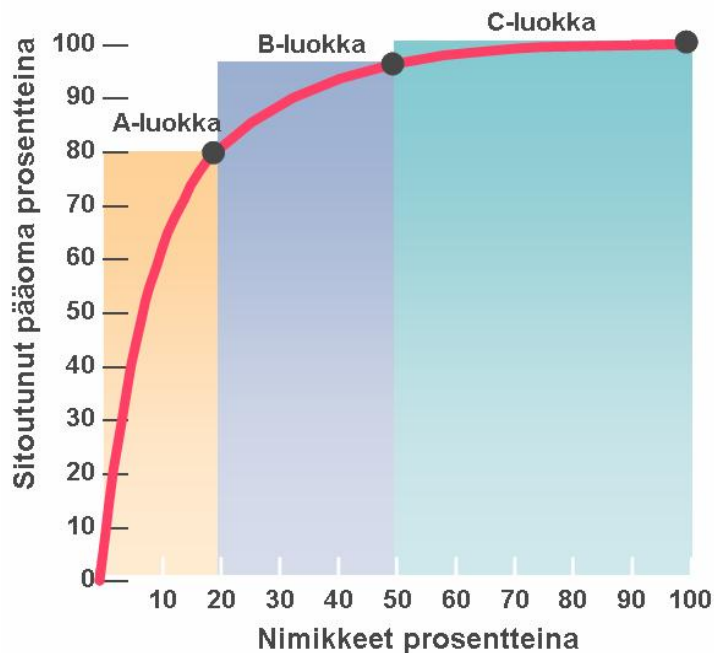
Käyttövarasto on sellainen osuus varastosta, joka tulee suurella todennäköisyydellä siirtymään asiakkaalle /3, s. 27/. Logistiikkakustannusten minimoimiseksi tulisi käyttövarastoa pienentää, eli nimikkeet tilattaisiin täysin JIT-periaatteella.

Varmuusvarasto on osuus varastosta, joka ei tule siirtymään asiakkaalle, paitsi jos kysytty ylittää käyttövaraston kapasiteetin. /3, s. 27/. Varmuusvarastolla varmistetaan halutun palvelutason ylläpitäminen, odottamattoman suuren menekin ja tuotannon häiriöiden aikana. Varmuusvaraston koko tulee suunnitella niin, ettei se rasita liikaa yritystä. Varmuusvaraston pienentäminen onnistuu lisäämällä yhteistyötä sekä asiakkaiden, että tavarantoimittajien kanssa. /6, s. 99/.

Vaikka varastot jaotellaan kahteen eri varastoon, jako ei tapahdu kuitenkaan fyysisellä tasolla. Nimikkeet sijaitsevat samassa paikassa ja niitä voidaan käyttää jatkuvasti.

Nimikemäärien hallinta

Varastot voivat sisältää tuhansia eri nimikkeitä. Kaikkia varastonimikkeitä ei kuitenkaan kannata ohjata samalla tarkkuudella. Nimikkeiden joukosta on järkevää valita ne, joiden merkitys on yrityksen kannalta suurin. Suuren nimikekannan analysoimiseksi on olemassa ABC-analyysi. Tällä menetelmällä saadaan selville varastoitavien nimikkeiden merkittävyys yritykselle. Ideana on jakaa varastonimikkeet kolmeen eri luokkaan: A, B ja C. ABC-analyysi on verrattavissa niin sanottuun Pareto-periaatteeseen eli 20/80 -sääntöön, joka perustuu siihen havaintoon, että suuressa joukossa suhteellisen pienellä osalla joukkoa on määräänsä huomattavasti suurempi merkitys. Esimerkiksi 20 prosenttia nimikkeistä tuo 80 prosenttia myynnistä tai 80 prosenttia varaston pääomasta sitoutuu 20 prosenttiin varastoitavista nimikkeistä. Kuvassa 4 on havainnollistettu periaatetta varastonimikkeiden yhteydessä. /4, s. 601 – 602/.



Kuva 4. ABC-analyysin periaate kuva /4, s. 602/.

A-luokkaan valitaan sellaiset nimikkeet, jotka ovat kalliita tai hyvin tärkeitä yrityksen toiminnan jatkuvuuden kannalta. A-luokan nimikkeiden kulutus on tyypillisesti pientä, mutta valvonta on tarkkaa. Nimikkeiden ohjaukseen sovelletaan joko JIT-periaatetta tai materiaalintarvelaskenta (MRP)-menettelyä. Tämä luokka käsittää noin 20 prosenttia nimikekannasta. /4, s. 602; 3, s. 127/.

B-luokkaan kuuluu noin 30 prosenttia varastoitavista nimikkeistä. Tämä luokka on niin sanottu väliluokka, joka asettuu ominaisuuksiltaan A- ja C -luokkien väliin. Hankintatapoja ovat materiaalintarvelaskentaan perustuva hankinta ja tilauspiste -menettely. /4, s. 602; 3, s. 127/.

C-luokka sisältää halvat ja usein käytetyt tavaranimikkeet, joiden hankinta toteutetaan tilauspiste- tai määräaika-hankintana. Valvonta on vähäisempää kuin kahdella aikaisemmalla luokalla. Valvonnassa on oleellista varmistaa, etteivät nimikkeet vähäisen valvonnan takia loppu. Tämä aiheuttaisi puutekustannuksia, eli toiminta pysähtyisi tavaroiden loppumisen takia. /4, s. 602; 3, s. 127/.

3.3 Täydennysrutiinit

Täydennysrutiineilla tarkoitetaan yrityksen käyttämiä varaston täydennysmenetelmiä. Täydennysmenetelmiä on useita. Kuten jo aikaisemmin todettiin, yritysten varastoissa on usein tuhansia eri nimikkeitä. Suurelle nimikekannalle useimmiten ei voida määrittää yhtä oikeaa täydennysmenetelmää. Tämän takia on yleistä, että täydennysrutiinit vaihtelevat nimikekohtaisesti. Menetelmän valintaan vaikuttavat esimerkiksi toimitusajat, kiertonopeus ja nimikkeen merkittävyys yritykselle (ABC-analyysi).

Varastojen täydennysmenetelmät voidaan jakaa kolmeen eri päämenetelmää: reaktiiviseen, proaktiiviseen ja adaptiiviseen. Reaktiivinen menetelmä on Lean-henkinen täydennysmenetelmä, jossa jo varmistuneet asiakastilaukset määräävät varastoa (imuohjaus). Proaktiivinen menetelmä on puolestaan enemmän ERP-menetelmän kaltainen ja toiminta on työntöohjautuvaista, missä varastot pidetään tietyllä tasolla tarve-ennusteen pohjalta. Adaptiivinen menetelmä on niin sanottu mukautuva menetelmä. Siinä käytetään tilanteen mukaan eri täydennysmenetelmää.

Reaktiiviset menetelmät

Reaktiiviset menetelmät perustuvat siihen, että asiakastilaukset imevät tuotteita logistiikkaketjusta. Puhdasoppinen imuohjaus ei sisällä lainkaan varastoja, mutta käytännössä tämä on usein mahdotonta. Reaktiivisiin täydennysmenetelmiin kuuluvat muun muassa seuraavat tekniikat: tilauspiste-, periodi- ja visuaalinen menetelmä. /16/.

Tilauspistemenetelmässä varaston täydennystilaus tapahtuu ennalta asetetussa varastotasossa. Tilauspistemenetelmä perustuu jatkuvaan varastotason ja tilauspisteen vertaamiseen /3, s. 37/. Tilauspistemenetelmässä on tärkeää oikean tilauspisteen määrittäminen. Tilauksen lähtiessä tulee varastossa olla tuotetta niin, että se kattaa normaalin tilausajan aikana syntyvän tarpeen. /6, s. 113–114/. Jos kysyntä tilauksen aikana on ennakoitua suurempaa, tai tilaus syystä tai toisesta viivästyy, on tätä varten olemassa vielä varmuusvarastot /3, s. 27/.

Tilauspistemenetelmällä saadaan tilauskoko pysymään usein samana, ja näin siihen sitoutunut pääoma on helposti ennakoitavissa. Toisaalta tilaaminen tapahtuu epäsäännöllisin väliajoin menekistä riippuen. /6, s. 113–114/. Tilauspisteen määrittämiseen tarvitsee tuntea kolme tekijää: hankinta-aika, menekki hankinta-aikana ja varmuusvarasto.

Hankinta aika on kokonaisaika tilauksen tekemisestä tavarantoimitukseen. Menekki hankinta-aikana on arvio keskimääräisestä menekistä. Varmuusvarasto on arvioitu varaston minimimäärä, joka saa alittua vain poikkeustapauksissa. Varmuusvaraston arvioon vaikuttavat muun muassa: tuotteen loppumisen kriittisyys, tavarantoimittajan toimitustäsmällisyys, toimitusajan pituus ja menekin vaihtelu.

Periodimenetelmässä täydennystilaus tehdään säännöllisesti aika ajoin, esimerkiksi tiettyinä päivinä kuussa. Edellä mainittuja menetelmiä voidaan myös yhdistää, jolloin voidaan säädellä niin vaihto-omaisuuden kiertoa kuin saapuvia lähetysmääriä. /6, s. 113/.

Visuaalisesta menetelmästä täydennystarve perustuu visuaalisesti havaittavaan puutteeseen tai tarpeeseen. Menetelmä on yksinkertainen ja mahdollistaa nopean reagoinnin tilapäisiin ongelmiin. Esimerkkimenetelmä tästä on kahden laatikon menetelmä. Menetelmän idea selviää parhaiten esimerkin avulla.

Yritys tilaa 100 samanlaista mutteria. Muttereiden saavuttua ne jaetaan puoliksi kahteen eri laatikkoon. Molempiin laatikoihin liitetään tilauskortti uuden sadan mutterin tilauksesta. Toinen laatikko jätetään varastoon ja toinen menee käyttöön. Kun käyttö laatikko tyhjenee, palautuu tyhjän laatikon mukana tilauskortti, joka antaa tilauskäselyn uudelle sadalle mutterille. Tyhjän laatikon tilalle viedään varastosta ensimmäisestä tilauksesta jäljellä oleva puolikas. Eräkoon tulee olla sellainen, ettei toinenkin laatikko ehdi tyhjentyä ennen kuin uusi erä on vastaan otettu.

Proaktiiviset menetelmät

Proaktiiviset menetelmät perustuvat tarve-ennustamisen tuloksiin. Ennusteiden perusteella tuotteet työnnetään eteenpäin. Proaktiivisten täydennysrutiinien lähtötietoina toimivat varastosaldot, läpäisyajat, tilaukset ja ennusteet tulevista tilauksista. Tärkeimpänä työkaluna on MRP. /16/.

Adaptiiviset menetelmät

Adaptiivista menetelmää voidaan pitää kahden edellä mainitun yhdistelmänä. Siinä ohjausmenetelmä muuttuu ajan, paikan ja tuotteen mukaan. Ajan mukaan muuttuvasta toiminnasta esimerkkinä ovat sesonkituotteet. Sesonkituotteiden ohjaus muuttuu reaktiiviseksi vähän ennen sesongin alkua. Paikan mukaan muuttuminen antaa samalle tuotteelle eri ohjausperiaatteet riippuen asiakassegmentistä. Esimerkiksi ensiasennustuotteille ohjaus tapahtuu proaktiivisesti, mutta varaosille reaktiivisesti. Tuotteen mukaan ohjaus vaihtelee sen saatavuuden ja kysynnän mukaan. /16/.

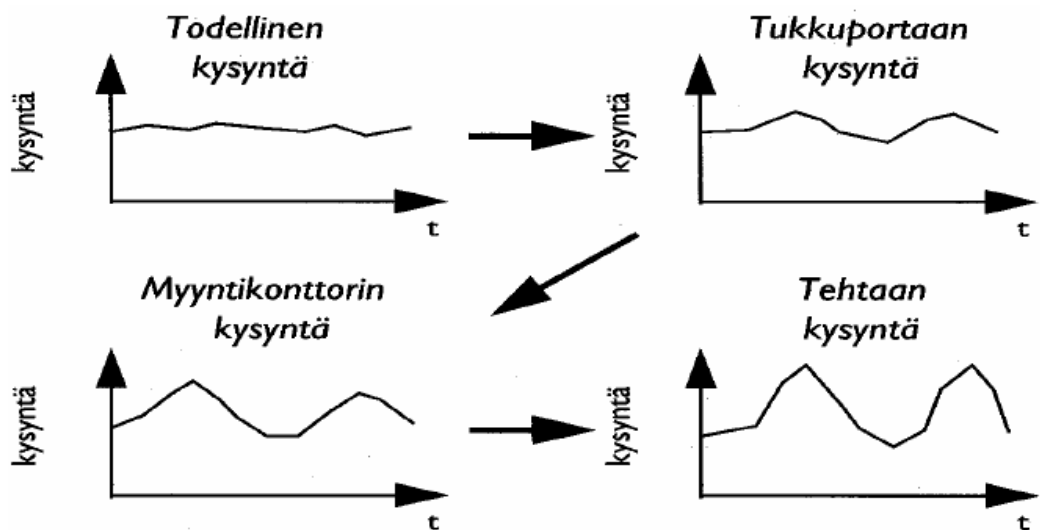
3.4 Toimitusketjut

Toimitusketju on koordinoitu systeemi, joka käsittää kaikki kolme logistiikan päävirtaa: informaatio-, materiaali- ja pääomavirran. Näiden avulla toimitusketju siirtää tuotteen tai palvelun toimittajilta asiakkaalle. Toimitusketjuun kuuluvat esimerkiksi valmistaja, palveluntuottaja, tukkuri ja jälleenmyyjä. Toimitusketjussa raaka-aineet ja yksittäiset komponentit muuttuvat valmiiksi tuotteeksi. /6, s. 20; 5, s. 500–502/.

Koska ketjun eri lenkit ovat itsenäisiä yrityksiä, on mahdollista, että niiden toimintatavat eivät ole samanlaiset. Tämä aiheuttaa monesti ongelmia yritysten väliseen yhteistyöhön. Puutteellinen yhteistyö aiheuttaa toimitusketjuun niin sanotun piiskavaikutuksen. /3, s. 156/.

Piiskavaikutusilmiö eli kysynnän, tuotannon ja varastojen vaihteluamplitudin vahvistuminen piiskan heilahduksena loppuasiakkaalta toimitusketjun läpi aina teollisuuteen asti /21/.

Tuotteen myynti saattaa olla lähes vakio, mutta silti vähittäiskaupan tilauksissa tukkukaupalle on vaihtelua. Vaihtelu kertaantuu aina siirtyessään seuraavaan toimitusketjun lenkkiin. Kuvassa 5 on kuvattu nelivaiheisen toimitusketjun piiska-vaikutusta eri toimitusketjunlenkeillä. /19/.



Kuva 5. Piiskavaikutuksen näkyminen toimitusketjun eri lenkeissä /19/.

Piiskavaikutuksen esiintymiseen on neljä syytä: Forrester-ilmiö, Burbidge-ilmiö, Houlihan-ilmiö ja yritysten reagointi hinnanvaihteluihin /19/.

Forrester-ilmiössä markkinatieto vääristyy informaation kulkiessa viiveellisesti toimitusketjussa. Tilausten hajonta kasvaa siirryttäessä kauemmaksi loppuasiakkaasta. Tämä takia teollisuus ja raaka-ainetoimittajat eivät saa luotettavaa tietoa kysynnästä. /19; 21/.

Burbidge-ilmiössä on kyse yksittäisen tilauksen huonosta ennustettavuudesta ja tämän vaikutuksesta koko toimitusketjuun. Kun tuotteita tilataan erikokoisissa erissä, joiden jaksojenpituudet vaihtelevat, aiheutuu tuotannossa kapasiteetin

kuormitusta yllättäen. Tällöin myös valmistavan tuotantolaitoksen käyttöaste vaihtelee vastaavasti. Tämä on yleistä, kun toimitusketjun yritykset käyttävät tilauspistemenetelmää. Kuormituksen vaihtelu ennalta arvaamattomasti aiheuttaa myös toimitusaikaan vaihtelua. Tämä puolestaan aiheuttaa epävarmuutta oikean tilauspisteen määrittelyssä. /19; 21/.

Houlihan-ilmiössä toimitusketjun yritykset varautuvat mahdolliseen tulevaan puutteeseen tilaamalla yli tarpeen. Toimitusketju vahvistaa tätä kysynnän vääristymää lenkki lenkiltä. Lopulta vääristymä huonontaa valmistajatehtaan toimitusvarmuutta. Huonolta toimitusvarmuudelta suojaudutaan suurilla varmuusvarastoilla. Varmuusvaraston täydennystilaukset puolestaan vääristävät kysyntää. /19; 21/.

Neljäs piiskavaikutuksen syy on yritysten reagoiminen hinnanvaihteluihin. Hintojen muutokset, kuten alihankkijoiden ja valmistajien tarjoamat paljousalennukset ja erikoistarjoukset, saavat useat osapuolet tekemään yhtä aikaa ylisuuria tilauksia. /19/.

Piiskavaikutuksen seurauksena toimitusketjun yritysten varastoissa ja kuljetuksissa esiintyy tehottomuutta. Muita vaikutuksia ovat huono asiakaspalvelu, tuotannon kapasiteettiongelmat, lisäkustannukset ja voittojen menetykset. /19/.

Piiskavaikutuksen hallitsemiseksi tulee toimitusketjun yritysten sitoutua koko toimitusketjun toiminnan tehokkuuden parantamiseen. Tämän kaiken avain on yritysten välisten informaation kulun tehostaminen. /19/.

Kunnossapitomateriaalin toimitusketju jalostaa valmiin materiaalin päälle palvelua: tietoa, osaamista ja toimintasuoritteita. Kunnossapidon tehtävä on jalostaa kokonaisuus asiakkaan haluamaan muotoon eli tuottaa käyttövarmuutta. /7/.

Lentokoneissa käytettävien varaosien hankinnan pääasialliset hankintakanavat ovat laitteen valmistajat, muut lentoyhtiöt tai muut viranomaisten hyväksymä tahot.

Näin varmistutaan osien luotettavuudesta sekä niiden jäljitettävyydestä. Lentokoneissa käytetyillä varaosilla tulee olla jäljitettävyys koko sen toimitusketjun läpi aina alkulähteelle saakka.

Lentokoneiden varaosienkauppa on maailmanlaajuisesti miljardikauppaa. Varaosien kaupan tehostamiseksi ovat lentoyhtiöt, huolto-organisaatiot ja tavarantoimittajat perustaneet Spec2000 järjestelmän. Spec2000 perustettiin tehostamaan varaosien kauppaa ja yhdenmukaistamaan standardeja, joita käytetään muun muassa varaosien merkitsemisessä. Järjestelmän toimintaideana on ylläpitää tietokantaa jota lentoyhtiöt, huolto-organisaatiot ja tavarantoimittajat voivat käyttää ilmoittaakseen myytävistä varaosista tai etsiäkseen sopivia varaosia. Tietokannasta selviää myös lentoyhtiöiden ja huolto-organisaatioiden huoltovalmiudet. Spec2000 järjestelmän avulla on mahdollista kiiretapauksissa saada tarvittava varaosa joltain muulta lentoyhtiöltä, huolto-organisaatiolta tai tavarantoimittajalta varaosan toimittajan toimitusaikaa nopeammin. /20/.

Varaosia tilattaessa valmistajalta on mahdollista käyttää erilaisia toimitusehtoja. Normaalitilaus jossa tilattu varaosa toimitetaan normaalin tilauskäsittelyn mukaisesti. Kiirehdittytilaus joka toimitetaan nopeammin kuin normaalitilaus. Oikein kiiretapauksessa varaosa on mahdollista saada niin nopeasti kuin se on vain mahdollista. Tilauksen nopeuttaminen näkyy varaosan lopullisessa hinnassa.

3.5 Optimointi

Materiaalinhallintaan on monia menetelmiä. Yritysten haasteena on löytää ja hyödyntää näistä itselleen parhaiten sopivia. Toimiala, jolla yritys toimii, saattaa asettaa rajoituksia ja määräyksiä materiaalinhallinnalle. Esimerkiksi ilmailuala on erittäin tiukasti viranomaisten valvoma ala. Tämä näkyy muun muassa toimitusketjuissa tavarantoimittajaa valittaessa, koska yleisesti ottaen lentokoneissa käytettyjen komponenttien valmistajien tulee olla ilmailuviranomaisten hyväksymiä organisaatioita.

Materiaalinhallinnan optimoinnissa on syytä myös ottaa huomioon kustannukset, jotka syntyvät tavarahan puutteesta johtuvasta viiveestä. Tämä voi johtaa lentokoneen myöhästymiseen tai jopa lennon perumiseen. Lennon myöhästymisestä tai sen peruuntumisesta syntyvät suorat ja välilliset kustannukset ovat niin suuret, että ne vaikuttavat täydennysmenetelmiin sekä varastoihin.

Ilmailu on myös erittäin herkkä vaikutteille kuten maineelle. Huoltoorganisaatioilla ei ole varaa menettää mainettaan luotettavana toimijana. Yksi Finnairin Tekniikan myyntivalteista on sen maailmalla oleva hyvä maine.

Kuten kohdassa 3.1 tuli esille, Finnairin lentotoimintapalveluiden toimintaa kehitetään Lean-prosessiajattelumallin mukaisesti. Tämä näkyy myös Tekniikan materiaalinhallinnassa. Varastoihin, täydennysrutiineihin ja toimitusketjuihin kiinnitetään huomiota ja toimintaa hiotaan kustannustehokkaammaksi. Toiminnan kehittämisessä tulee ottaa kuitenkin huomioon millä volyymeillä se on kannattavaa. Muun muassa laskutelinekorjaamon varaosa toiminta on pienimuotoista ja usein kalliiden varaosien varasto tasot ovat erittäin pienet. Näin ollen pienillä volyymeillä ja hinnaltaan halpojen varaosien varastointiin ja tilausmenetelmiin ei kannata kehittää kalliita tehostamismenetelmiä.

Materiaalinhallinnan tehostamisen avaintekijä on hyvä informaation kulku. Informaation pitää kulkea hyvin niin talon sisällä kuin toimitusketjuissakin. Reaaliaikaisella ja oikealla informaatiolla saadaan toimitusketjut toimimaan ilman häiriöitä, ja varmuusvarastojen tasoa saadaan laskettua.

Airbus A320 -sarjan laskutelineiden varaosavarastojen täydennysmenettelyn optimoimiseksi hyvä menetelmä on ABC-luokitus. Tämän työn liitteenä olevan varaosalistan pohjalta suoritettavan ABC-luokituksen perusteella voidaan varaosille määrittää tilausmenetelmä. Luokituksen lähtökohtana voidaan pitää sitä, että kaikki standardiosat kuuluvat C-luokkaan. Suurin osa nimikkeistä on uusia varastolle, mutta joitakin standardiosia on jo ennestään varastossa. Näiden

ennestään varastossa olevien osien kohdalla tulee suorittaa nykyisen valvonta- ja täydennysmenetelmän tarkastus, koska niiden menekki tulee nousemaan, kun A320-sarjan laskutelineiden peruskorjaukset pääsevät käyntiin.

4 TARVE-ENNUSTAMINEN

Tarve-ennustaminen ja ennakoiminen on kaikessa liiketoiminnassa tärkeää. Tarve-ennustamista käytetään apuna muun muassa budjettien luomisessa, tuotannon suunnittelussa, henkilöstöresurssien hallinnassa, materiaalinhallinnassa ja alihankintasopimuksissa. Tarve-ennustamisen katsotaan toimivan niin sanottuna laukaisimena toimitusketjussa./ 1, s. 261-262./

Tarve-ennusteita tehdään lyhyelle, keskipitkälle ja pitkälle aikavälille. Lyhyellä aikavälillä tarkoitetaan korkeintaan muutaman kuukauden ennustetta. Keskipitkän aikavälin ennustamista käytetään muutamasta kuukaudesta vuoteen. Pitkän aikavälin ennusteet ovat näitä pidemmälle, mutta harvoin tehdään yli viiden vuoden ennusteita. Kaikki edellä mainitut ennustelajit palvelevat eri tarkoitusta: lyhyen aikavälin ennusteet vastaavat konkreettisiin operatiivisiin tarpeisiin, keskipitkiä ennusteita hyödynnetään yleensä myynnin ja tuotannon suunnittelussa ja alihankintasopimusten laatimisessa, pitkän aikavälinennusteet palvelevat taas tuotekehitykseen, tutkimukseen ja mahdollisen tuotantolaitoksen rakentamiseen liittyvissä kysymyksissä. /1, s. 262/.

Itse ennustamismenetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen eri menetelmään, kvantitatiivisiin ja kvalitatiivisiin /15/.

Kvantitatiiviset menetelmät

Kvantitatiiviset menetelmät perustuvat lähinnä tilastollisiin menetelmiin. Näiden laatimisessa hyödynnetään tietokonepohjaisia ohjelmia. Kvantitatiiviset menetelmät perustuvat kysynnästä rakennettuun malliin. Vaikka perusidea on sama, voidaan siitä erottaa kaksi eri menetelmää, aikasarja- ja kausaalimenetelmä. /1, s. 271, 287; 16/. Aikasarjamenetelmällä saadaan selvitettyä tarve tietyllä hetkellä. Aikasarjamenetelmän tarve-ennustaminen pohjautuu historiatietoihin, ja sen käyttö ei vaadi tietoa kysyntään vaikuttavista ulkopuolisista tekijöistä. Oletuksena on, että historiatieto antaa järkevän ennusteen tulevalle tarpeelle. Aikasarjamenetelmän tuotokset ovat useimmiten graafisessa muodossa ja niiden laatiminen ei vaadi tilastollisten menetelmien osaamista, vaan niiden antama informaatio on helposti ymmärrettävissä. /1, s. 273/.

Aikasarjamenetelmällä saadaan myös kysyntä jaettua eri komponentteihin. Nämä komponentit ovat trendi, kausi, syklinen ja satunnaisvaihtelu /1, s. 271/.

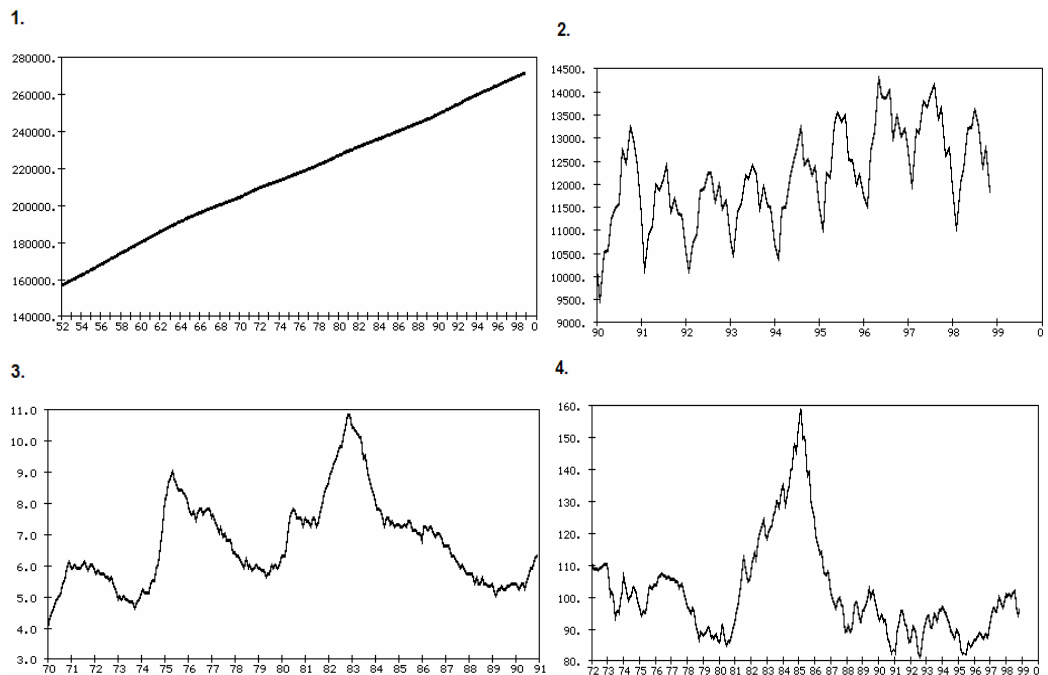
Trendivaihtelulla nähdään, mihin suuntaan tarve on menossa, eli onko kysynnän suora nouseva vai laskeva /1, s. 272/.

Kausivaihtelu ilmaisee, miten tarve muuttuu kauden mukaan /1, s. 272/. Esimerkkinä tästä voidaan pitää Finnairin pyörä- ja jarrukorjaamolla historiatietoa siitä, että pyörien kuluminen ja tätä kautta vaihtuvuus on kesäisin suurempi kuin talvella.

Syklinen vaihtelu on yleisesti taloudessa tapahtuva aaltomainen vaihtelu, joka esiintyy noin seitsemän vuoden välein. Tämä jätetään usein huomioimatta. /1, s. 272/.

Satunnaisella vaihtelulla kuvataan sitä vaihtelua, mitä ei voida muilla komponenteilla selittää /1, s. 272/.

Edellä esitellyistä komponenteista on kuvassa 6 havainnollistavat esimerkit.



Kuva 6. Aikasarjamenetelmän komponentit, 1. Trendivaihtelu, 2. Kausivaihtelu, 3. Syklinen vaihtelu, 4. Satunnainen vaihtelu.

Kausaalimenetelmällä pyritään selvittämään tarvetta ulkopuolisten tekijöiden perusteella. Esimerkiksi kun Airbus Companyn A320-sarjan koneiden myynti kasvaa, kasvaa myös sen laskutelineiden toimittajan Messier-Dowtyn myynti. Kausaalimenetelmän oletuksena on, että kysynnän suuntaan vaikuttaa jokin ulkoinen tekijä. Kausaalimenetelmä haastavuus on löytää oikeat muuttujat ja antaa niille oikea painoarvo. Tämän analysoimiseksi käytetään lineaarista regressio yhtälöä. /1, s. 287/.

Kvalitatiiviset menetelmät

Kvalitatiiviset menetelmät perustuvat tarve-ennustamisen laatijoiden asiantuntemukseen. Ennustuksen tekijöiksi valitaan henkilöt, jotka ovat läheisissä tekemisissä asiakkaiden kanssa. Tämä ryhmä voi koostua esimerkiksi myynnin, ostamisen ja johtoportaan henkilöistä. /1, s. 267/.

Tunnetuin sovellutus tästä on Delfoi-menetelmä (eng. Delphi method), jossa tehdään pitkän aikavälin tarve-ennustaminen. Menetelmän perusidea on, että asiantuntijat vastaavat kyselylomakkeessa oleviin kysymyksiin ja toinen asiantuntijataho analysoi vastaukset. Kyselyyn vastaajat toimivat erillään toisistaan ja kyselyn laatijoista; näin eliminoidaan näiden vaikutus vastauksiin. Delfoi-menetelmän toteutuksesta on monta eri variaatiota, mutta yksinkertaisimmillaan se on toteutettu kolmella eri asiantuntijaryhmällä. Ryhmä 1 on päätöksentekoryhmä. Tämä koostuu viidestä kymmeneen hengen asiantuntijasta, jotka tekevät lopullisen tarve-ennusteen. Ryhmä 2 on joukko henkilöitä, jotka auttavat päätöksentekijöitä muun muassa kehittämällä, jakamalla, keräämällä ja analysoimalla kyselylomakkeet. Ryhmä 3 on vastaajat. Tämä ryhmä sijaitsee usein erillään kahdesta muusta ryhmästä, ja se vastaa 2. ryhmän laatimiin kysymyksiin kukin tahoillaan käyttäen asiantuntemustaan aiheesta. Kysymyslomakkeessa voidaan esimerkiksi kysyä öljytynnyrin hintaa 20 vuoden päästä. /1, s. 270/.

4.1 Tarve-ennustaminen kunnossapidon materiaalilogistiikassa

Vaikka tarve-ennustamisen tärkeys tiedostetaan myös kunnossapitomaailmassa, sen käytännön toteutus usein laiminlyödään. Tarve-ennustamista pidetään epäluotettavana ja hankalana toteuttaa. Tämä johtuu usein yrityksen puutteellisesta dokumenttien hallinnasta. Esimerkiksi osto- ja toimittajahistorian ja laitekannan nimikkeistödokumenttien arkistoinen laiminlyönti on yleistä. Tarve-ennustamista tehtäessä kunnossapitoympäristöön tulee sen laatijalla olla ymmärrystä myös itse kunnossapidon tehtävistä samoin kuin itse ostamisesta. /7, s. 28/.

Teollisuuslaitosten keskittyessä entistä enemmän omaan ydinliiketoimintaansa ne ovat ulkoistaneet kunnossapitonsa. Tämä on vähentänyt teollisuuslaitosten tietoutta omasta laitekannastaan ja kunnossapidostaan. Tämän lisäksi kunnossapitoon liittynyt ostaminen on muuttunut operatiivisesta ostamisesta kunnossapitopalvelukokonaisuuksien ostamiseen. Ulkoistaminen on lisännyt tarve-ennustamisen merkittävyyttä sekä itse teollisuuslaitoksessa että kunnossapitoa

tarjoavassa yrityksessä, koska liiketoimintaprosessi ei pääty yritysrajaan, vaan jatkuu läpi useamman yrityksen. /7, s. 29/.

Kunnossapidon tarve-ennustamisella voidaan vaikuttaa laitekannan käyttövarmuuteen ja sen elinkaaren investointi- ja käyttökustannuksiin. /7, s. 29/.

Kunnossapitomaailmassa on yleistynyt käytäntö, jolla pyritään pienentämään varastoja ja näin vähentämään varastoon sitoutunutta pääomaa. Tämä niin sanottu JIT-ajattelumalli (eng. just in time) ei kerää varaosia varastoon, vaan tilaus tapahtuu puhtaimmillaan työnumerolle. Tämä on lisännyt tarve-ennustamisen tärkeyttä. Varaosien toimitusajat voivat olla hyvinkin pitkiä, ja hyvällä tarve-ennusteella saadaan varaosien tilaukset liikenteeseen ajoissa. Näillä menetelmillä tuotannon seisokkiajat saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä.

Tarve-ennustamisessa on hyvä muistaa, että parhaimmillaankin se on vain arvio tulevasta tarpeesta /1, s. 303/.

4.2 Tarve-ennustaminen ja sen työkalujen soveltuvuus laskutelinekorjaamon tarpeeseen

Opinnäytetyötäni varten sain Finnairilta kaksi eri tarve-ennustamismenetelmää. Toinen näistä on pyörä- ja jarrukorjaamon käytössä, ja toista on käytetty ATR-lentokoneiden laskutelineiden tilaustarpeen selvittämiseen.

Pyörä- ja jarrukorjaamon menetelmä voidaan luokitella kvantitatiiviseksi menetelmäksi. Malli perustuu Gauss/Poisson todennäköisyysjakaumaan. Kuvassa 7 on menetelmän laskukaava ja kirjainmerkkien selitykset.

Demand Calculation

The calculations made are based on a Gauss/Poisson probability distribution. However, the program starts by calculating the estimated demand for the part. This is done by using one of the following three equations:

Expendable Part

$$E = FH \times n \times N \times \frac{1}{MTBR} \times \frac{REPLTIME}{365}$$

Repairable Part

$$E = FH \times n \times N \times \frac{1}{MTBR} \times \frac{TAT}{365}$$

Rotable Part

$$E = FH \times n \times N \times \frac{1}{MTBR} \times \left[\left(\frac{TAT}{365} \right) \times \left(1 - \frac{SR}{1000} \right) + \left(\frac{SR}{1000} \times \frac{REPLTIME}{365} \right) \right]$$

Where,

- E = Estimated Demand
- FH = Annual Flight Hours
- LT = Lead-time
- MTBR = Mean Time between Removals
- N = Number of Units per Aircraft
- n = Number of Aircraft
- REPLTIME = Lead-time + Administration Time
- SR = Scrap Rate
- TAT = Turnaround Time

This estimated demand is then used as the mean value in a Gauss/Poisson distribution. The, cumulative, Poisson distribution is defined by the following equation,

$$P(X \leq K) = e^{-E} \sum_{0}^K \frac{E^K}{K!}$$

Kuva 7. Gauss/Poisson-menetelmän laskukaava ja merkkien selitykset.

Aluksi menetelmässä selvitetään yksittäisen komponentin tarve. Tarve lasketaan komponentista riippuvalla kaavalla.

Vaihdettaville komponenteille:

$$E = FH \cdot n \cdot N \cdot \frac{1}{MTBR} \cdot \frac{REPLTIME}{365}$$

Korjattaville komponenteille:

$$E = FH \cdot n \cdot N \cdot \frac{1}{MTBR} \cdot \frac{TAT}{365}$$

Korjauskierrossa oleville komponenteille:

$$E = FH \cdot n \cdot N \cdot \frac{1}{MTBR} \cdot \left[\left(\frac{TAT}{365} \right) \cdot \left(1 - \frac{SR}{1000} \right) + \left(\frac{SR}{1000} \cdot \frac{REPLTIME}{365} \right) \right]$$

Merkkien selitykset ovat kuvassa 7.

Arvioitu tarve sijoitetaan Gauss/Poisson-jakaumayhtälöön:

$$P(X \leq K) = e^{-E} \sum_{0}^K \frac{E^K}{K!}$$

Pyörä- ja jarrukorjaamon menetelmä sopii komponenteille, joiden peruskorjausjakso on lyhyt. Menetelmän avulla laskettu tuleva tarve huomioi myös korjauskierrossa olevat komponentit. Laskutelineiden varaosien tarveennustamiseen menetelmä ei sovellu parhaalla mahdollisella tavalla, koska suurin osa varaosista on niin sanottuja kertakäyttöosia, jotka irrotuksen jälkeen hävitetään. Joidenkin laitekokonaisuuksien tarvetta, jotka käyvät korjauskierron, menetelmällä voitaisiin laskea, esimerkiksi joustintukien tarvetta. Ennustusmenetelmissä esiintyy aina virhettä, ja kun ennustettavat kappalemäärät ovat pieniä matemaattisten ennustemenetelmien virheet korostuvat. /4, s. 566/. Laskutelineiden peruskorjauksessa käytettävien varaosien määrät ovat pieniä ja tämän takia pyörä- ja jarrukorjaamon menetelmä ei sovellu laskutelinekorjaamon käyttöön.

ATR:n laskutelineille tehty malli on kvalitatiivinen ja perustuu asiantuntijan arvioihin. Kuvassa 8 on menetelmää varten kerätyt tiedot.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ATR72 NLG CONSUMABLES (excluding standard materials)								
2	Overhauls/year	9							
3	NLG								
4									
5	Part number	Qty/unit	Usage/year	Unit price USD	Cost per unit	Total price USD	Present stock	On order	To be ordered
6	D58539	1	9	65,75	65,75	591,75	9	0	0
7	D58740-1	1	9	91,35	91,35	822,15	12	0	-3
8	D58739-1	1	9	6,69	6,69	60,21	22	0	-13
9	D58481	1	9	29,14	29,14	262,26	14	0	-5
10	D58421	1	9	26,81	26,81	241,29	7	0	2
11	D56861	2	18	111,57	223,14	2008,26	8	0	10
12	D57436-1	1	9	358,14	358,14	3223,26	6	0	3
13	SL61WTM12P	1	9	115,04	115,04	1035,36	12	0	-3
14	GA63868	1	9	41,77	41,77	375,93	12	0	-3
15	D49288	4	36	110,81	443,24	3989,16	22	0	14
16	D62415	1	9	97,22	97,22	874,98	6	0	3
17	D58504	1	9	10,54	10,54	94,86	13	0	-4
18	D67871	1	9	186,87	186,87	1681,83	5	0	4
19	D58467-1	1	9	36,1	36,1	324,9	11	0	-2

Kuva 8. ATR:n laskutelineiden tarve-ennustamisessa käytetty taulukko.

Menetelmässä arvioidaan vuodessa suoritettavat peruskorjaukset. Peruskorjausarvion perusteella saadaan laskettua, paljonko yksittäisiä komponentteja tarvitaan. Menetelmä vertaa vuoden tarvetta nykyiseen varastosaldoon. Jos I-sarakkeen summaksi tulee positiivinen luku, tulee kyseistä komponenttia tilata kyseisen vuoden aikana. Tämä menetelmä on yksinkertainen, mutta sen ylläpitäminen vaatii enemmän työtä kuin pyörä- ja jarrukorjaamon menetelmä. Taulukkoa täytyy päivittää varastosaldojen ja hintatietojen osalta. Menetelmän etuna on myös se, että siitä nähdään komponentteihin tarvittava pääoma.

Keräämieni tietojen perusteella kvalitatiivinen menetelmä on parempi ratkaisu laskutelinekorjaamon käyttöön kuin kvantitatiivinen menetelmä. Kvalitatiivisen menetelmän etuina ovat sen selkeys, käyttäjäystävällisyys sekä sen parempi tarkkuus jos volyymien ollessa pienet.

Kvalitatiivisen menetelmän selkeys ja käyttäjäystävällisyys näkyvät muun muassa siinä ettei menetelmä vaadi käyttäjältään tilastollisten menetelmien tuntemusta. Kvalitatiivinen menetelmä perustuu asiantuntijoiden arvioihin ja näin ollen ennusteen korjaaminen ja muuttaminen on tarvittaessa yksinkertaista. Kvalitatiivisen ennusteen laatiminen esimerkiksi Microsoft Excel-ohjelmalla mahdollistaa näkymän muokkaamisen siten, että tarvittavat tiedot erottuvat

selkeästi. Ennustetta laadittaessa jokainen asiantuntija voi laatia ennusteensa omaan sarakkeeseensa. Näiden ennusteiden perusteella laaditaan lopullinen tilausmäärä.

Laskutelinekorjaamon käytössä tarve-ennustetta sovelletaan varaosiin joiden vuosittainen kulutus kappalemäärällisesti on pientä. Useiden varaosien kohdalla vuosittainen kulutus jää alle kymmenen kappaleen. Tämän takia Kvalitatiivinen tarve-ennuste on luotettavampi menetelmä kun matemaattisiin kaavoihin perustuvat kvantitatiivinen menetelmä. Vasta suuremmilla volyymeilla kvantitatiivien tarve-ennustemenetelmä on parhaimmillaan.

4.3 Case: A320-sarjan laskutelineiden varaosien tarve-ennustaminen

Tavoitteena on tehdä tarve-ennuste Airbus A320 -sarjan pää- ja nokkalaskutelineiden varaosille. A320-sarjaan kuuluvat A318-, A319-, A320- ja A321 mallin lentokoneet. Finnairilla on käytössä kaikki muut konetyypit paitsi A318. Tarve-ennusteen oletuksena on, että laskutelinekorjaamo suorittaa vuodessa neljälle laskutelinesetille peruskorjauksen. Yksi laskutelinesetti käsittää nokkatelineen ja molemmat päätelineet.

Airbus 320-sarjana koneiden teknilliset ratkaisut ovat mallista riippumatta hyvin paljon samat, muun muassa ohjaamot ovat identtiset kaikilla neljällä eri kone-mallilla. Sama pätee myös laskutelineissä. A320-sarjan päälaskutelineet ovat malliston pienemmissä lentokoneissa samat, mutta isoimmassa eli A321:ssä on eri laskutelineet. Nokkatelineet ovat kaikissa malleissa samat. Koska kyseinen sarja on ollut jo kauan markkinoilla, on sen laskutelineissä tapahtunut muutoksia. Laskutelineiden kokoonpanot selviävät laskutelineen osanumeron perusteella. Finnairin pää- ja nokkatelineiden osanumerot on lueteltu taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Finnairin A320-sarjan päälaskutelineet.

MLG	LH Part Nro	RH Part Nro
A321	201584001	201584002
	201659001	201659002
A320	201582001	201582002
A319	201582001-010	201582002-010
	201582001-020	201582002-020
	201582001-030	201582002-030

Taulukko 3. Finnairin A320-sarjan nokkatelineet.

NLG	Part Nro
A319	D23589510
A320	D23589520
A321	D23589520-1
	D23589520-2
	D23589520-3

Kuten jo kohdassa 4.2 todettiin, laskutelineiden varaosien tarve-ennustamiseen soveltuu paremmin kvalitatiivinen menetelmä.

Tämän työn yhteydessä tehty tarve-ennuste on samassa liitteessä varaosalistojen kanssa, Liite 1. Listat poikkeavat ATR:n menetelmästä siten, ettei niissä ole otettu huomioon nykyisiä varastosaldoja. Tämä johtuu siitä, että suurin osa osista on uusia nimikkeitä varastolle. Ainoastaan osa standardiosista on jo ennestään Finnairin varastossa.

5 SITOUTUNUT PÄÄOMA

Yrityksen laajentaessa toimintaansa, tässä tapauksessa aloittaessa uuden laskutelinemallin peruskorjaukset, tulee yrityksen selvittää hankkeen pääoman tarve. Tässä tutkintotyössä selvitetään, paljonko pääomaa sitoutuu A320-sarjan laskutelineiden varaosiin, työkaluihin ja testilaitteisiin.

5.1 Työkalukustannukset

Kustannukset on laskettu kohdassa 2.4 listatuille työkaluille ja testilaitteille. Työkalujen kustannukset perustuvat laskutelineiden valmistajan Messier-Dowtyn hinnastoihin. Joidenkin työkalujen kohdalla hintoja ei saa ilman tarjouspyyntöä. Työkalujen ja testilaitteiden hinnat ovat samassa liitteessä kuin kohdassa 2.4 listatut työkalut ja testilaitteet. Taulukossa 4 on eritelty nokkatelineen ja päätelineen työkalu- ja testilaittekustannukset.

Taulukko 4. A320-sarjan laskutelineiden työkalujen ja testilaitteiden kustannukset.

	USD
Tools	
NLG	159 512
MLG	178 883
Total	338 395

Työkalu- ja testilaittekustannuksia voidaan pitää kertaluoteisina, koska niiden uusiminen tulee kyseeseen vain niiden vikaantuessa tai hävitessä. On myös mahdollista, että laskutelineen valmistaja tekee laskutelineille sellaisia muutoksia, jotka edellyttävät uusien työkalujen tai testilaitteiden hankintaa.

5.2 Vuosittainen pääomantarve, kun huolletaan 4-6 telinesettiä vuodessa

Tämä pääomantarve perustuu varaosiin sitoutuneesta pääomasta. Pääoma on laskettu tarve-ennusteen pohjalta ja antaa arvion pääoman ylä- ja alarajasta. Tarkastelussa on huomioitu se, että Finnairin käytössä olevat laskutelineet ovat ensimmäistä kertaa tulossa peruskorjaukseen. Tämän takia varaosien tarve on pienempi kuin tulevilla peruskorjaus kerroilla ja kohdistuu pääasiassa standardi osiin.

Tähän tarkasteluun on otettu myös työkalujen ja testilaitteiden hankintakustannukset huomioon. Tarkastelussa työkalujen ja testilaitteiden käyttöaika on viisi vuotta. Hankinta hinta on jaettu tasan käyttövuosille.

$$\frac{338\,395 \text{ usd}}{5 \text{ a}} = 67\,679 \frac{\text{usd}}{\text{a}}$$

Pääoman sitoutumista laskutelineiden peruskorjaustoimintaan voidaan laskea seuraavasti:

Sitoutuneen pääoman esimerkki laskussa on käytetty seuraavia lähtötietoja:

Peruskorjaus suoritetaan neljälle setille vuodessa.

Peruskorjaukset ajoittuvat tasaisesti koko vuodelle. Näin ollen varastointi aika on 90 päivää.

Ostovelat maksetaan 30 päivässä.

Laskutelineiden läpimenoaika peruskorjauksessa on 45 päivää.

Peruskorjaukseen käytetään 1500 työtuntia per setti. Setti käsittää molemmat päätelineet ja nokkatelineen. Työtunnin hinta on 60 usd.

Työ sitoutuu tasaisesti peruskorjauksen aikana.

Peruskorjauksen jälkeen telineet toimitetaan asiakkaalle kahdessa päivässä, eli valmisvaraston läpimeno aika on 2 päivää.

Asiakas maksaa peruskorjauksen 45 päivässä.

Sitoutuneen pääoma on laskettu seuraavasti /23/:

Varaosavarastot:

Varastointiaika 90 d

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{360 \text{ d}}{\text{Varastointiaika}} = \frac{360 \text{ d}}{90 \text{ d}} = 4$$

Läpivirtaus 103 628 usd

$$\text{Sitoutunut po.} = \frac{\text{Läpivirtaus}}{\text{Kiertonopeus}} = \frac{103\,628 \text{ usd}}{4} = 25\,907 \text{ usd}$$

Ostovelat:

Maksuaika 30 d

Kiertonopeus $\frac{360 \text{ d}}{30 \text{ d}} = 12$

Läpivirtaus 103 628 usd

Sitoutunut po. $\frac{103\,628 \text{ usd}}{12} = 8\,636 \text{ usd}$

Varaosavarastossa pääomaa: Varaosavarastot – ostovelat = 17 271 usd

Tuotanto:

Läpimenoaika 45 d

Kiertonopeus $\frac{360 \text{ d}}{45 \text{ d}} = 8$

Läpivirtaus $103\,628 + 4 \cdot \frac{1\,500 \text{ h} \cdot 60 \text{ usd}}{2}$
= 283 628 usd

Sitoutunut po. $\frac{283\,628 \text{ usd}}{8} = \underline{35\,454 \text{ usd}}$

Valmistuotevarasto:

Läpimenoaika 2 d

Kiertonopeus $\frac{360 \text{ d}}{2 \text{ d}} = 180$

Läpivirtaus $103\,628 + 4 \cdot 1\,500 \text{ h} \cdot 60 \text{ usd}$
= 463 628 usd

$$\text{Sitoutunut po.} \quad \frac{463\,628 \text{ usd}}{180} = \underline{2\,576 \text{ usd}}$$

Myyntisaamiset:

Kiertoaika 45 d

$$\text{Kiertonopeus} \quad \frac{360 \text{ d}}{45 \text{ d}} = 8$$

Läpivirtaus 103 628 usd

$$\text{Sitoutunut po.} \quad \frac{103\,628 \text{ usd}}{8} = \underline{57\,954 \text{ usd}}$$

Sitoutunut pääoma yhteensä: 113 254 usd

Tähän lisätään vielä työkalujen ja testilaitteiden käyttövuosille laskettu arvo, saadaan koko sitoutunut pääoma selville.

$$113\,254 \text{ usd} + 67\,679 \text{ usd} = \underline{\underline{180\,933 \text{ usd}}}$$

Kun peruskorjattavien telinesettien määrä kasvaa vuodessa, tarkoittaa se varaosavarastojen kiertonopeuden parantamista. Kuuden telinesetin peruskorjauksen tarvitsema vuotuinen pääoma on laskettu siten, että peruskorjaukset jakautuvat tasaisesti koko vuodelle. Näin keskimääräinen varastointiaika on 60 päivää.

Muut lähtöarvot ovat samat kuin edellisessä esimerkki laskussa.

Näin sitoutuneeksi pääomaksi saadaan:

207 904 usd

6 YHTEENVETO

Lentokoneiden kunnossapito on luvanvaraista toimintaa. Sitä valvovat kansainväliset ja kansalliset ilmailuviranomaiset. Tämä koskee myös laskutelineiden peruskorjaustoimintaa. Ilmailuviranomaisten määräysten mukaan työt tulee suorittaa toimintaan sopivassa paikassa hyväksytyillä menetelmillä ja välineillä.

Laskutelineiden peruskorjaus suoritetaan laskutelineen valmistajan määrittelemien välein. Peruskorjauksen syyt ovat mahdollisten säröjen, korroosioaurioiden ja komponenttien kuluneisuuden havaitseminen ja korjaaminen. Peruskorjaus suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaan, ilmailuviranomaisten määräyksiä noudattaen.

Jotta peruskorjaus olisi mahdollista suorittaa, vaatii se erinäisiä tukiprosesseja tuekseen. Yksi näistä tukiprosesseista on materiaalinhallinta. Tässä työssä perehdyttiin materiaalinhallinnan eri tehtäviin. Materiaalinhallinnan tehtäviin kuuluvat muun muassa tarve-ennustaminen, varastojen hallinta ja varastojen täydentäminen. Materiaalinhallinnan tehtäviä käsiteltiin Finnairin Tekniikan toiminnan kehittämistä varten otetun Lean-prosessiajattelumallin sekä ERP-järjestelmän kannalta.

Työn keskeisin osuus oli perehtyminen tarve-ennustamiseen ja siihen kuinka sitä voidaan hyödyntää laskutelinekorjaamolla. Työssä perehdyin kahteen eri menetelmään suorittaa tarve-ennustaminen, kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen. Molemmat menetelmät ovat käytössä Finnairin Tekniikassa.

Mielestäni kvalitatiivinen menetelmä sopi paremmin laskutelinekorjaamon varaosatarpeen selvittämiseen. Kvalitatiivinen menetelmä perustuu asiantuntijoiden arvioihin. Tämän työn yhteydessä laadin A320-sarjan laskutelineiden varaosien tarve-ennusteen Finnairin laskutelinekorjaamon käyttöön.

Tarve-ennusteen pohjalta selvitin, paljonko laskutelinekorjaamolta sitoutuu pääomaa varaosiin, kun peruskorjataan 4-6 laskutelinesettiä. Pääomatarkasteluun on myös otettu huomioon työkalu- ja testilaittekustannukset, mutta mahdollisten varalaitteiden kustannuksia en ole ottanut huomioon.

Tarve-ennusteen kehittämiseksi laskutelinekorjaamon kannattaisi tehostaa yhteistyötä ja informaation vaihtoa muiden samoja laskutelineitä korjaavien huolto-organisaatioiden kanssa. Mahdollisia yhteistyökumppaneita voisi olla lentoyhtiöt, jotka kuuluvat Finnairin kanssa Oneworld-allianssiin tai A320 -sarjan laskutelineiden valmistaja Messier-Dowty.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Derek, Waller. Operations management, A supply chain approach. Thomson, 2003
- 2 Hokkanen, Karhunen, Luukkainen. Johdatus logistiseen ajatteluun, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylä 2002
- 3 Karrus, Kaij, Logistiikka, 1.painos, WSOY, Porvoo 1998
- 4 Krajewski, Ritzman. Operations management, Strategy and analysis, kuudes painos, Pearson education Inc., 2002
- 5 Niu, Michael C. Y., Airframe structural design. Hongkong commilit press Ltd, 1999
- 6 Sakki, Jouni, Tilaus-toimitusketjun hallinta, Logistinen b to b – prosessi, viides painos, Jouni Sakki Oy, Espoo 2001
- 7 Piispa, Taina. Materiaalitarpeen ennustaminen tulevaisuuden haasteena. Kunnossapito. 5/2005, s. 28-31
- 8 Ruulio, Tiina. Mr. Logistiikka. Kauppalehti vip 10/2006. s. 16-17

Sähköiset lähteet

- 9 Civil aviation authority of New Zealand. Advisory circular: On Condition maintenance. [www-sivu]. [viitattu 10.5.2006]. Saatavissa: <http://www.caa.govt.nz/fulltext/acs/AC43-4.pdf>

- 10 EASA. [www-sivu]. [viitattu 14.6.2006]. Saatavissa:
http://www.easa.eu.int/doc/Regulation/reg_2042_2003_Part145.pdf
- 11 The Federal aviation administration, FAA. Advisory circular: Fatigue, fail-safe, and damage tolerance valuation of metallic structure for normal, utility, acrobatic, and commuter category airplanes. [www-sivu]. [viitattu 10.5.2006]. Saatavissa:
http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library%5CrgAdvisoryCircular.nsf/0/CCAE8A15127D66408625708C00710BA4?OpenDocument
- 12 The Federal aviation administration, FAA. Advisory circular: Maintenance control by reliability methods. [www-sivu]. [viitattu 2.5.2006]. Saatavana:
http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/30A327DB2CEBF922862569EA00695DD7?OpenDocument&Highlight=ac%20120-17a
- 13 Finnair Oyj. [www-sivu]. [viitattu 6.9.2006]. Saatavana:
http://www.finnair.com/web/finnair/scripts/template_2level_whiteForXChannel.jsp?BV_SessionID=@@@@0110857146.1157544996@@@@&BV_EngineID=cccfaddikiddlkfcfjlcgeedfondgln.0&pageid=-14192&leftMenuAttr=TECHNICAL_SERVICES_COM&channelName=technical_services
- 14 Finnair Oyj. Finnair-konsernin osavuosisikatsaus tilikaudelta 1.1. – 31.3.2006. [www-sivu]. [viitattu 6.9.2006]. Saatavana:
http://www.finnairgroup.com/linked/fi/konserni/OVK_Q1_2006FI.pdf
- 15 Helsingin teknillinen korkeakoulu. [www-sivu]. [viitattu 2.5.2006]. Saatavissa:
<http://www.sal.hut.fi/Publications/pdf-files/TSAL04.pdf>
- 16 Helsingin teknillinen korkeakoulu. [www-sivu]. [viitattu 2.5.2006]. Saatavissa:
http://www.tuta.hut.fi/studies/Courses_and_schedules/Teta/TU-22.1202/Luennot/luennot.php

- 17 Kuopion yliopisto. [www-sivu]. [viitattu 6.3.2006]. Saatavissa:
http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4_sisallys.htm
- 18 Messier Services. [www-sivu]. [viitattu 6.9.2006]. Saatavana:
http://www.messierservices.com/rubrique.php3?id_rubrique=72
- 19 Oulun aikuiskoulutuskeskus. [www-sivu]. [viitattu 1.6.2006]. Saatavissa:
http://www.hilo.oulu.fi/dokumentit/ketjun_hallinta.pdf
- 20 Spec2000. [www-sivu]. [viitattu 3.9.2006]. Saatavissa:
<http://www.spec2000.com/10.html>
- 21 TEKES. Piispa, Taina. Osaraportti 1: Kunnossapidon materiaalilogistiikka käsitteenä. [www-sivu]. [viitattu 20.4.2006]. Saatavana:
http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/ELO/fi/Omat_EL Onsivut/KPLOG-projektiraportti.html
- 22 Tritonia. [www-sivu]. [viitattu 6.3.2006]. Saatavana:
http://www.tritonia.fi/vanha/ov/logi/1_2.htm

Muut lähteet:

- 23 Riihelä, Mauno. Teollisuustalous, kurssimateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kevät 2005

LIITTEET

1. A320-sarjan nokka- ja päälaskutelineen varaosalistat
2. A320-sarjan työkalut ja testilaitteet